



G1548

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

PATENT APPLICATION

RECEIVED

JAN 31 1996

GROUP 2109

In re Application of: )  
: Examiner: NYA  
NORIO KANEKO )  
: Group Art Unit: 2109  
Application No.: 08/528,538 )  
: Filed: September 14, 1995 )  
: For: SUPERCONDUCTING WIRE )  
: AND MANUFACTURING )  
METHOD FOR THE SAME ) January 25, 1996

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicant hereby claims priority under the  
International Convention and all rights to which they are  
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following  
Japanese Priority Applications:

259623/1994 (Pat.) filed September 30, 1994

259626/1994 (Pat.) filed September 30, 1994.

Certified copies of the priority documents are  
enclosed.

GROUP-2009  
#4  
E. Hillis  
2-28-96  
JIC

Applicant's undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 758-2400. All correspondence should continue to be directed to our below listed address.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
Attorney for Applicant

Registration No. 34 1/6

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
277 Park Avenue  
New York, New York 10172  
Facsimile: (212) 758-2982

F511/A518437

## 日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:



1994年 9月30日

出 願 番 号

Application Number:

平成 6年特許願第259623号

RECEIVED

JAN 31 1996

GROUP 2100

出 願 人

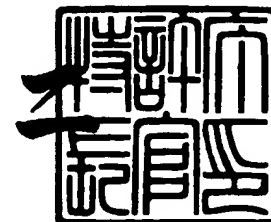
Applicant (s):

キヤノン株式会社

1995年11月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

清川 佑



出証番号 出証特平07-3064833

【書類名】 特許願

【整理番号】 2804009

【提出日】 平成 6年 9月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C01G 31/00  
C04B 35/00  
H01B 12/00

【発明の名称】 超伝導線及びその製造方法

【請求項の数】 5

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 金子 典夫

【特許出願人】  
【識別番号】 000001007  
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社  
【代表者】 御手洗 肇

【代理人】  
【識別番号】 100077698  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 吉田 勝広

【代理人】  
【識別番号】 100098707  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 近藤 利英子

【手数料の表示】  
【納付方法】 予納  
【予納台帳番号】 010135  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9300542

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超伝導線及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 銀又は銀合金が分散されている酸化物超伝導体からなる細線の外周に、導電性材料が取り付けられていることを特徴とする超伝導線。

【請求項 2】 銀又は銀合金パイプ或いは複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金パイプに酸化物超伝導体材料を充填し、伸線加工して細線を作成した後、該細線を銀又は銀合金よりも融点の高い導電性材料の溶融液の入った容器内に入れ該溶融液中を通過させて、酸化物超伝導体からなる線材中に銀又は銀合金を分散させると共に該線材表面に該導電性材料を取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【請求項 3】 複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金パイプに酸化物超伝導体の原料混合物材料を充填し、伸線加工して細線を作成する伸線加工の前及び／又は後に熱処理して、充填した酸化物超伝導体原料を反応させて酸化物超伝導体とし、その後、該細線を銀又は銀合金よりも融点の高い導電性材料の入った容器内に入れ該溶融液中を通過させて、酸化物超伝導体からなる線材中に銀又は銀合金を分散させるとともに該線材表面に該導電性材料を取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【請求項 4】 銀又は銀合金パイプ或いは複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金パイプに酸化物超伝導体材料を充填し、伸線加工して細線を作成した後、該細線を銀又は銀合金の融点よりも高い温度に加熱して溶解した後に細線の外周に導電性材料を取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

【請求項 5】 銀又は銀合金パイプ又は複数の小さな穴が開けられた銀又は銀合金パイプに酸化物超伝導体の原料混合物材料を充填し、伸線加工して細線を作成する伸線加工の前及び／又は後に熱処理して、充填した酸化物超伝導体の原料を反応させて酸化物超伝導体とし、その後、該細線を銀又は銀合金の融点よりも高い温度に加熱して溶解した後に外周に導電性材料を取り付けることを特徴とする超伝導線の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【産業上の利用分野】

本発明は、酸化物超伝導体を利用した超伝導線とその製造方法に関する。

【0002】

## 【従来の技術】

Y系、Bi系等の呼ばれ方をしている酸化物超伝導体は、液体窒素温度よりも高い温度で超伝導性を示す。これらの材料を線材化する場合の方法としては、金属パイプの中に超伝導物質或いはその原料を充填し、伸線加工し、必要により伸線加工の前後等で熱処理をするか、或いは、スパッタ法等の各種薄膜形成手段を利用して、基体上に酸化物超伝導体を形成することが一般的に行われている。金属パイプに超伝導体を充填する方法は、特開平2-37623号公報や特開平1-276516号公報に、又、薄膜を形成する方法は特開昭63-241826号公報に夫々開示されている。

【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、酸化物超伝導体は材料中の酸素量により超伝導特性が変化する為、線材化する為には材料中の酸素量を制御しなければならないという問題がある。超伝導線には一般に安定化材が設けられ、これには通常は銅等の金属が使用されるが、酸化物超伝導体の場合には、銅は加工中に超伝導体中の酸素により酸化されてしまう為、使用することが出来ない。更に、酸化物超伝導体には金属のような加工性がない為に、圧延やダイスによる伸線加工では、結晶粒が変形しにくい為に、加工時に金属パイプの方が断線してしまうことがある。又、金属パイプ中に、酸化物超伝導体が緻密に、且つ均一に充填されないと、超伝導線としては使い物にならないという問題もある。又、金属と酸化物超伝導体では熱膨張率が異なる為に、例えば、冷却時における金属と酸化物超伝導体の密着性も大きな問題である。

【0004】

以上の様な問題を解決する為に、特開平2-37623号公報では、アルミニ

ウムパイプに酸化物超伝導体を充填し、超伝導体を焼結させる為の加熱を行う際に、アルミニウムを溶解除去し、酸化物超伝導体を露出させた状態で900～1,000℃の熱処理を行うことにより、材料中の酸素量を制御している。又、特開平1-276516号公報では、銀パイプに酸化物超伝導体の成形体を挿入し、銀パイプと超伝導体の隙間に銀粉を充填して、金属パイプと超伝導体の密着性を確保している。

#### 【0005】

しかし、特開平2-37623号公報に記載の方法では、アルミニウムの融点が約660℃であるから、この温度ではアルミニウムが酸化物超伝導体の表面から除去される前に、酸化物超伝導体中の酸素によりアルミニウムが酸化されてしまう可能性が極めて高い。特に、酸化物超伝導体の表面の凹部や結晶粒界に入り込んだアルミニウムは除去されにくく、酸化により生成した酸化アルミニウムが不純物として析出したり、場合によっては酸化物超伝導体と反応してしまうことが生じる。更に、特開平2-37623号公報には、超伝導マグネット等への応用には欠かせない安定化材の形成については何も開示していない。又、特開平1-276516号公報に記載の方法では、銀粉の存在により、金属パイプと酸化物超伝導体の密着性は改善されていると思われるが、超伝導線の臨界電流を改善する工夫は全くなされていない。

#### 【0006】

又、薄膜形成方法を利用した特開昭63-241826号公報に記載の方法は、予め線材に加工し、表面に銅又は銅合金が形成された基体に超伝導材料の構成元素からなる薄膜を形成して熱処理するものである。しかし、超伝導材料の種類にもよるが、熱処理には通常、800～1000℃、1～100時間必要であることが開示されている。これに対し、一般に、超伝導線を製造する速度は、早ければ早いほどよく、この様な長時間の熱処理を必要とする方法は、製造速度が極めて遅くなるという問題がある。更に、薄膜形成方法では、超伝導体を構成する元素の組成を厳密に制御する必要があり、組成の僅かな変動により超伝導特性が大きく変化してしまう為に、長尺の超伝導線を製造することが困難であるという致命的な問題がある。



以上の様に、酸化物超伝導体を利用した超伝導線の製造に対し、多くの研究が行われているが、現状では実用になる超伝導線は得られていない。

【0007】

従って、本発明の目的は、臨界温度の高い酸化物超伝導体を利用し、超伝導線として実用化する場合に、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下してしまうことのない実用性のある超伝導線、及びその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の目的は、下記の本発明によって達成される、即ち、本発明は、銀又は銀合金が分散されている酸化物超伝導体からなる細線の外周に、導電性材料が取り付けられていることを特徴とする超伝導線、及びその製造方法である。

【0009】

【作用】

本発明によれば、超伝導線を構成する酸化物超伝導体からなる細線中に銀又は銀合金が分散されており、超伝導体の空孔部に銀等が含浸される為、臨界電流の低下の防止及び機械的強度等の改善がなされ、且つ該細線の外周に導電性材料が密着して取り付けられている為、安定化剤としての機能を十分に発揮し、熱サイクルが超伝導線にかかっても導電性材料と超伝導体が剥離することがなくなる結果、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下せずに、臨界温度及び臨界電流の高い、実用性に優れた超伝導線が得られる。

【0010】

【好ましい実施態様】

本発明の好ましい実施態様を挙げて本発明を詳細に説明する。本発明の超伝導線は、銀又は銀合金が分散されている酸化物超伝導体からなる細線の外周に、導電性材料が取り付けられていることを特徴とする。

即ち、本発明の超伝導線は、酸化物超伝導体からなる細線中に銀又は銀合金を混入させて臨界電流の低下を防止し、且つその外周に特定の導電性材料が取り付けられた構造を有している。本発明を構成する酸化物超伝導体としては、銀又は銀合金が分散された酸化物超伝導体であればいずれのものでもよく、それ自身が

線材に加工されていてもよいが、中空管の表面、或いはテープ状の基体等に酸化物超伝導体に取り付けられている態様のものでもよい。

【0011】

又、酸化物超伝導体として特に好ましい材料としては、以下の様なものが挙げられる。

例えば、組成式が  $L_n a S r_b C u_{3-x} M_x O_c$  で表わされ、 $2.7 \leq a+b \leq 3.3$ 、 $0.8 \leq a \leq 1.2$ 、 $6 \leq c \leq 9$ 、及び  $0.05 \leq x \leq 0.7$  であり、且つ、 $L_n$  が Y 元素及びランタノイド元素群の中から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団、M が Ti、V、Ga、Ge、Mo、W 及び Re の元素群から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団である材料、

組成式が  $L_n a C a_b S r_c C u_{3-x} M_x O_d$  で表わされ、 $2.7 \leq a+b+c \leq 3.3$ 、 $0.8 \leq a+b \leq 2.1$ 、 $6 \leq d \leq 9$ 、 $0.05 \leq b \leq 1.1$  及び  $0.05 \leq x \leq 1.0$  であり、且つ、 $L_n$  が Y 元素及びランタノイド元素群の中から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団、M が Fe、Co、Ti、V、Ge、Mo、W 及び Re の元素群から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団である材料、

組成式が  $L_n a C a_b S r_c B a_d C u_{2+e} O_{6+f} C_g$  であり、 $a+b+c+d=3$ 、 $0.2 \leq a \leq 0.8$ 、 $0.2 \leq b \leq 1.0$ 、 $0.5 \leq c \leq 2.2$ 、 $0 \leq d \leq 1.6$ 、 $0 \leq e \leq 0.8$ 、 $0 < 0.8f < 2$  及び  $0.2 \leq g \leq 1$  であり、 $L_n$  が Y 元素及びランタニド元素からなる元素群から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団である材料、

組成式が  $(L_n)_{1-a} (C a)_a (S r)_{2-b} (B a)_b (C u_{3-c} B) O_d$  と表わされ、 $0.1 \leq a \leq 0.5$ 、 $0.7 \leq b \leq 1.7$ 、 $0.1 \leq c \leq 0.5$ 、 $6.5 \leq d \leq 7.5$  であり、且つ  $L_n$  は Y 元素及びランタノイド元素（ただし、Ce と Tb は除く）から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団である材料、

【0012】

$L_n$ 、M、Ba、Ti、Cu 及び O ( $L_n$  は Y、La、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Dy、Ho、Er、Tm、Yb 及び Lu の元素群から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団、M は Ca 及び Sr の元素群から選ばれた 1 種以上の元素又は原子団) を構成必須元素とし、Cu と O とが作る 8 面体又はピラミッド型 5 面

体とTiとOとが作る8面体の両方を同時に基本構造中に具備し、二次元的に配列している材料等である。

そして、これらの材料に微量の不純物を添加した材料でもよいことは言うまでもない。

#### 【0013】

又、本発明の超伝導線は、銀又は銀合金を分散させた酸化物超伝導体の外周に取り付ける導電性材料は、どのような材料でもよいが、特に好ましい材料は、Au、Al、Cu、Ni、Pd、Pt、Ti、Mo、W、Nb及びMnの金属や合金である。

#### 【0014】

上記の様な材料を用いることにより、酸化物超伝導体に銀等を分散させると臨界電流がある程度改善されると同時に、酸化物超伝導体の結晶粒の隙間に銀等が充填され、機械的強度等も改善される。又、酸化物超伝導体の表面部分の銀等は、その外周の導電性材料とは密着性もよい為に、熱サイクルが超伝導線にかかっても導電性材料と超伝導体が剥離することがなくなる。

#### 【0015】

本発明は、以上の超伝導線の製造方法をも提供するものである。即ち、超伝導体又はその原料を銀又は銀合金のパイプ内に充填し、これをダイス加工や圧延等により線引きする。この線引きの前後や線引き中に加熱して酸化物超伝導体を焼結させてもよい。加熱温度としては、500～950℃程度とするのが好ましい。この細線を坩堝等の容器内に入れ、銀又は銀合金の融点よりも高い融点をもつ導電性材料溶融物の中を通す。銀又は銀合金が融解して、酸化物超伝導体と導電性材料中に一部分溶解出すが、細線をローラー等により巻取ることにより、酸化物超伝導体の表面には導電性材料と銀又は銀合金の溶融体が付着した状態で導電性材料の溶融物の中から取り出される。

#### 【0016】

酸化物超伝導体の表面に付着した溶融体は、導電性材料が固化しても銀又は銀合金は溶融状態にある為に、酸化物超伝導体の中に分散して臨界電流の改善に寄与する。又、酸化物超伝導体の表面には内部に分散しなかった銀又は銀合金や導

電性材料の溶融物が付着する為に、酸化物超伝導体の表面に凹凸があっても隙間なく取り付けることが出来る。導電性材料の溶融物中を通過させる段階で、酸化物超伝導体中の酸素が還元される心配があるが、本発明では脱離した酸素は銀又は銀合金中に取り込まれる為に、導電性材料が酸素非透過性材料であっても、熱処理することにより銀等に取り込まれた酸素を利用して超伝導特性を回復させることが可能である。

#### 【0017】

又、本発明で導電性材料を形成する手段は、上記した溶融物の中を通過させることに限定されない。例えば、Wの様な融点の高い材料の場合には、銀又は銀合金だけでなく酸化物超伝導体も溶融、分解することがある。又、Alの様に銀等よりも低い温度の融点をもつ材料の場合には、溶融物中を通過させても銀等は溶融しない。この様な場合には、銀や銀合金を溶融し、その後、導電性材料を取り付ける。取り付け手段としては、塗付して熱処理する方法、真空蒸着法や化学蒸着法等を利用する方法等材料により適当な手段を選択すればよい。

#### 【0018】

銀又は銀合金にパイプには複数の小さな穴を設けて酸化雰囲気中で熱処理する場合に酸素と反応し易くしてもよいし、線引き後、或いは導電性材料を固化させた後に、HIP処理等を施してもよい。更に、導電性材料の表面に絶縁性材料を取り付けてもよいことは言うまでもない。尚、導電性材料の溶融物中を通過する際に、導電性材料と銀又は銀合金が固溶する可能性があるが、本発明では固溶しても何ら問題は発生しない。更に、線引き手段、加熱手段、巻取りや送出し手段、各行程の雰囲気等は、使用する材料により最適な方法を選択すればよい。

#### 【0019】

##### 【実施例】

以下、具体的な実施例により本発明を説明する。

##### 実施例1

図1に本発明の超伝導線の断面模式図を示す。1は酸化物超伝導体、2は酸化物超伝導体に分散している銀又は銀合金及び／或いはピン止め用に添加した物質であり、実際よりも大きく表現してある。尚、銀又は銀合金はそのすべてが超伝

導体の内部に分散する必要はなく、酸化物超伝導体の表面近傍に偏析していてもよい。3は導電性材料である。

本発明の超伝導線に使用する酸化物超伝導体は、一般に熱処理により製造するが、焼結体の密度は、理論密度よりも小さいことが多い為に超伝導線に加工すると、空孔部が発生する。この空孔部によって超伝導線の臨界電流は低下してしまう。そこで、この空孔部に銀又は銀合金を溶融させて含浸させ、更には含浸させる時の温度を利用してこれらの物質をピン止めの為に酸化物超伝導体内部に分散させる。この様にした超伝導体を用いて、その外周に導電性材料を安定化材として取り付ける。

#### 【0020】

本発明の超伝導線は、どんな方法で製造してもよいが、例えば、銀のパイプに酸化物超伝導体の粉末を充填し、これを圧延により線材とする。この線材を銀の融点960℃以上に加熱する。この加熱により、銀は酸化物超伝導体の結晶粒のすき間に含浸されたり内部に分散する。銀の溶解と同時又は溶解の後で導電性材料を外周に取り付けることにより超伝導線が得られる。取り付け手段には制限はないが、例えば、導電性材料の溶融物の中を通過させたり、各種の蒸着法や有機金属を塗付し熱処理する方法等がある。導電性材料の形成方法は、使用する材料により選択すればよい。

#### 【0021】

本発明の超伝導線は、図1に示す様に、酸化物超伝導体には銀又は銀合金が分散している為、これらが臨界電流密度を改善し、更に、酸化物超伝導体の空孔部や表面付近の凹凸部にもこれらの溶融物が入り込んでいる為に、外周に取り付けられた導電性材料との密着性にも優れている。

本発明に使用される材料の組み合わせは特に限定されないが、本実施例では、 $\text{YSr}_2\text{Cu}_{2.8}\text{W}_{0.2}\text{O}_y$  に対して10wt%の $\text{SrY}_2\text{O}_4$ が生じる様に、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SrCO}_3$ 、 $\text{WO}_3$  及び $\text{CuO}$ を混合し、これを950～1400℃で熱処理した酸化物超伝導体を用い、外周に設ける導電性材料としてはCuを用いた。尚、本実施例以外の実施例についても同様の材料の組み合わせを用いて本発明の超伝導線を作成した。

上記の材料を用い、上記の方法で銀を溶解、分散させて得られた本実施例の超伝導線の臨界電流密度は、約  $10,000 \text{ A/cm}^2$  (5 K) であった。これに対し、同じ酸化物超伝導体を用いても銀を溶解、分散させなかった場合には、臨界電流密度は約  $2,000 \text{ A/cm}^2$  であり、本実施例のものに比べ極めて小さな値となった。

又、本実施例の超伝導線は、直径 30 cm のローラーで巻取っても超伝導特性が変化することはなかったが、銀を溶解、分散させなかった比較例の場合には、同じローラーで巻取ると通電量が  $1/100 \sim 1/1,000$  に低下した。これらのことは、本発明の超伝導線が機械的強度にも優れており、臨界電流密度も優れていることを示している。

#### 【0022】

##### 実施例 2

図 2 に本発明の超伝導線の製造方法の概念図を示す。まず、銀パイプに酸化物超伝導体を充填し、複数のダイス 5 (図 2 では 1 個だけを示した) を使用して銀シース線材を作製する。ここでは、外径が 8 mm、内径が 6 mm の銀パイプ中に超伝導体を充填し、外径 0.8 mm の細線 4 とした。6 は不図示の加熱装置により溶融させた坩堝内の銅溶融液であり、温度は  $1,100^\circ\text{C}$  に保たれている。この様な銅の溶融液中に上記で得られた銀シース線材を入れ、銅溶融液 6 内を通過させる。この時に、銀の融点は  $960^\circ\text{C}$  であるから、融解して銀の一部は銅溶融液 6 と混合されるが、多くは酸化物超伝導体内部に分散される。次に、不図示のローラーによりこの線材を巻取ると、線材表面には銅が付着した状態で、坩堝から取り出される。坩堝から取り出された線材 10 は、冷却されて融点の高い銅が最初に外周側から固化して行くが、内部の銀は銅よりもゆっくりと固化する。この為、この固化する時間差によって、銀は酸化物超伝導体の隙間や結晶内部にまで分散する。銀の固化が終了するまで冷却し、不図示のローラーで超伝導線を巻取る。

#### 【0023】

この様にして作製された本実施例の超伝導線の臨界電流は、使用した超伝導体材料の組成に関係なく、 $10^4 \text{ A/cm}^2$  以上であり、超伝導線を巻取ったロー

ラーの直径が300mm程度でも超伝導特性のは変化が認められなかった。しかし、銀シース線材の銀を溶融させなかった線材では、臨界電流も $10^2 \text{ A/cm}^2$ 程度であり、直径が300mmのローラーで巻取った場合には、酸化物超伝導体が断線する現象が観測された。又、本発明での超伝導線では超伝導体の臨界温度は、銀パイプに充填する前と超伝導線に加工した場合とで、殆ど変化しなかった。

#### 【0024】

##### 実施例3

図3に本実施例の超伝導線の製造方法の概念図を示す。先ず、直径0.1～0.5mm程度の穴をあけた銀パイプ内に超伝導体を合成する為の原料を充填し、ダイス5により直径1mmの線材を形成する。この際、図3に示す様に、ダイス加工の前後においてヒーター8で銀パイプを加熱することによって酸化物超伝導体を合成する。一般にダイスによる線引きは複数のダイスを用いて行うが図3には1つだけを示した。一般に、酸化物超伝導体の合成では構成金属元素の炭酸塩や硝酸塩、酸化物が原料として使用されることが多い。銀パイプに開けられた穴は、酸素を銀パイプの中心部まで供給することを可能とすると同時に、これらの原料が分解して生成される二酸化炭素等のガスを放出する機能を果たす。この為、本実施例においては、ヒーター8による熱処理によって優れた特性の超伝導体を合成することが出来る。

#### 【0025】

この様にして得られた線材4を、坩堝内に入れ、溶融した金6の中を通過させる。金の溶融液6の温度は $1,065 \sim 1,080^\circ\text{C}$ に保たれている。従って、銀の融点は $960^\circ\text{C}$ であるから、金の溶融液6の中を通過させると、銀が溶けて酸化物超伝導体内に分散し、且つ坩堝から線材が引き出だされる時には線材の表面に金が付着している。これらの金と銀とは固化するまでに部分的に混合されるが、これらの混合の割合は、金の溶融液6と線材との接触時間、巻取り速度で制御すればよい。混合の割合が巻取った線材全体で、ある程度一定であれば問題ない。

この様にして製造された本実施例の超伝導線は、機械的変形にも強く、ローラ

ー7の直径が200mmであっても1,000m程度の長さの超伝導線を製造することが出来る。

【0026】

#### 実施例4

図4に本実施例の超伝導線の製造方法の概念図を示す。銀に3wt%のパラジウムをいれた合金パイプに酸化物超伝導体を充填し、ダイス5により、所望のサイズ線材を作成する。これを加熱装置11により加熱して銀合金を溶融させる。溶融した合金が再び固化してから薄膜装置9により導電性材料を表面に形成して、本実施例の超伝導線とする。この際使用する加熱装置11は、銀合金を溶融することが出来る温度まで加熱し得るものであれば何でもよいが、本実施例では赤外線を集光して加熱した。又、薄膜装置9も、所望の膜厚の導電性材料を形成することが出来る装置であれば何れでもよいが、本実施例では有機パラジウムを塗付し、これを熱処理してパラジウム膜を形成した。

この様にして作成した本実施例の超伝導線は、銀とパラジウムとが極めてよく密着している為に、機械的変形に対してもクラック等が発生しにくい。又、超伝導体には銀とパラジウムとが分散されており、臨界電流密度は、銀合金を分散させなかった超伝導線よりも2桁以上大きな値となっていた。

【0027】

#### 実施例5

図5に本実施例の超伝導線の製造方法の概念図を示す。本実施例では、複数の小さな穴が開けられた銀に1wt%のマグネシウムを添加した銀合金に、酸化物超伝導体の合成原料である混合物材料を充填した。これをダイス5で線引きする前にヒーター8により熱処理し、原料物質からの放出ガス（原料の分解ガス、水分等）を除去して、本実施例の超伝導体を合成した。生成した酸化物超伝導体が充填されている銀合金パイプが室温に冷却される前にダイス5により所望のサイズに線引きする。本実施例では、10種類のダイスを用いて線径が捕捉なるにつれて500から100℃まで温度を下げてで線引きを行い、その後、ヒーター8により再度熱処理した。ダイス5による線引き加工の前後の熱処理は、用いる超伝導体の種類により雰囲気を選定する。又、ダイス5による線引き前後の熱処理



により、酸化物超伝導体が最も優れた超伝導特性を示す様に熱処理条件を設定する。本実施例においては、930℃とした。

その後、加熱装置11によって線引き加工された線材を加熱して、表面の銀合金を溶融する。本実施例では加熱装置11として、カンタルスーパー線を発熱体とした電気炉を使用した。溶融した銀合金が酸化物超伝導体に分散されてから冷却し、薄膜装置9で導電性材料を表面に形成した。尚、本実施例では、導電性材料をアルミニウムを溶解した坩堝の中に線材を入れアルミニウム溶解液内を通過させることで取り付けた。

この様にして作成された本実施例の超伝導線は、機械的変形にも強く、銀合金を溶融して分散させなかった超伝導線よりも2桁以上大きな臨界電流密度を有していた。

【0028】

【発明の効果】

以上説明した様に、本発明によれば、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下せずに超伝導線に使用される酸化物超伝導体の特性を十分に発揮させることが出来、且つ機械的変形にも強く、信頼性に優れた実用性のある超伝導線が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の超伝導線の断面模式図

【図2】

本発明の超伝導線の製造方法の概念図

【図3】

本発明の超伝導線の製造方法の概念図

【図4】

本発明の超伝導線の製造方法の概念図

【図5】

本発明の超伝導線の製造方法の概念図

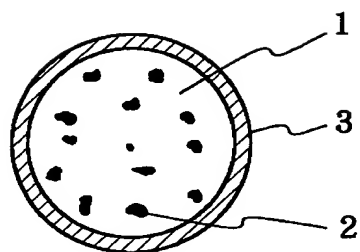
【符号の説明】

- 1 : 酸化物超伝導体
- 2 : 分散した物質
- 3 : 導電性材料
- 4 : シース線材
- 5 : 線引き手段
- 6 : 熔融物
- 7 : 巻取りローラー
- 8 : ヒーター
- 9 : 導電性材料形成装置
- 10 : 超伝導線
- 11 : 加熱装置

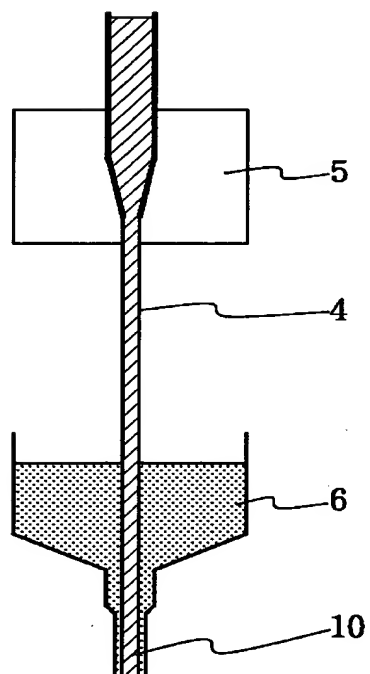
【書類名】

図面

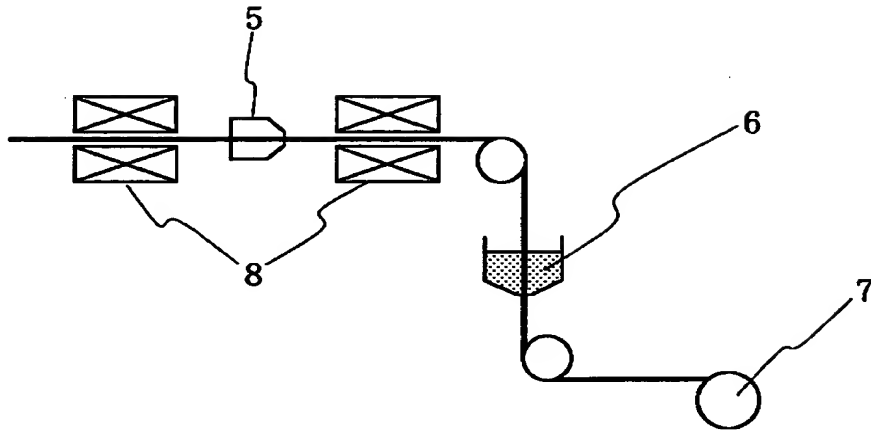
【図1】



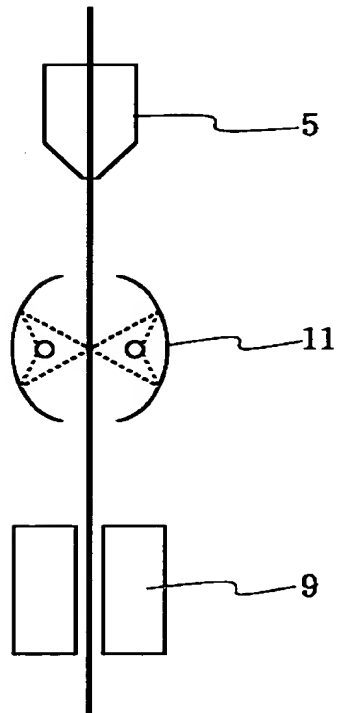
【図2】



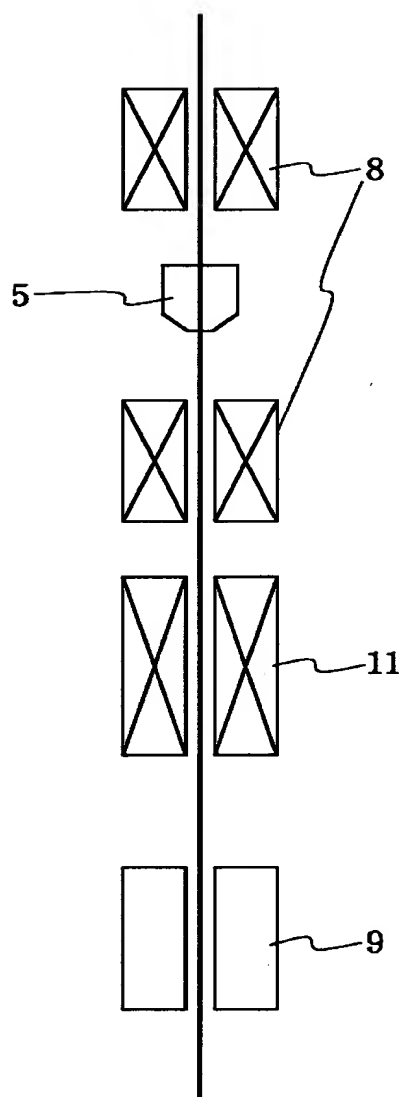
【図3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 臨界温度の高い酸化物超伝導体を利用し、超伝導線として実用化する場合に、加工によって臨界温度及び臨界電流が低下してしまうことのない実用性のある超伝導線、及びその製造方法を提供すること。

【構成】 銀又は銀合金が分散されている酸化物超伝導体からなる細線の外周に、導電性材料が取り付けられていることを特徴とする超伝導線、及びその製造方法。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100077698

【住所又は居所】 東京都千代田区神田佐久間町三丁目30番地 アコ  
スビル201号室 吉田特許事務所

【氏名又は名称】 吉田 勝広

【代理人】 申請人

【識別番号】 100098707

【住所又は居所】 東京都千代田区神田佐久間町三丁目30番地 アコ  
スビル201号室 吉田特許事務所

【氏名又は名称】 近藤 利英子

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
氏 名 キヤノン株式会社